

木造住宅の壁量に関する研究

山本 享明

A Study on Quantity of Wall of the Wooden House

Takaaki YAMAMOTO

緒言

木造住宅の地震時及び台風時の構造安全性を確保するための法律として、建築基準法施行令第46条第3項に、いわゆる壁量の規定がある。従来から木造家屋の設計については、構造計算により安全性を確保することは非常にまれで、壁量の規定により安全性を確認して建築されることが通常である。

壁量の規定は、日本の風土に即して地震と風の短期水平力にについて必要な軸組の構造を示している。但し、法律制定以前から木造住宅は建築されていて長い歴史があり、法律は後付けの感が否めない。

ところで、壁倍率の定義が一部明確でないところがある。「木造の耐力壁及びその倍率性能試験・評価業務方法書」¹⁾に新規に壁体構造の壁倍率を申請する手順に、壁倍率の算定方法が明示されているが、初期剛性は必ずしも一意的に求まるものではない。また、試験方法によっても、タイロッド式と無載荷式又は載荷式の場合とで取り扱いが異なる。

壁倍率1の壁体は図1に示すように、1mの長さの壁が1.96kNの水平力を頂部に受けた時の真の頂部変形量 Δ が $H/150$ とされているが、実際の建物では軸変形や基礎部回転などがあり $H/120$ とした方がよいのかははっきりと規定されていない。

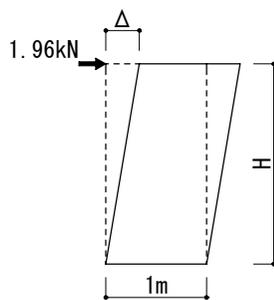


図1 壁倍率1の壁体

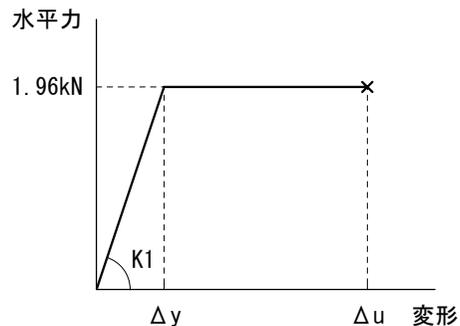


図2 壁倍率1の性能

壁倍率1の壁体は、図2のようにバイリニアの荷重-変形曲線を仮定し、初期剛性 $K1$ で

1.96kNの時に変形 Δy で降伏し、以後は剛性0で終局変形 Δu に達する。これらの条件で、建築基準法施行令第46条第3項の壁量の規定が成立するためには、壁倍率にはどのような性能が必要か調査した。但し、本稿では地震時のみを対象にし、台風時は考慮していない。

研究方法

図3から図6に表される矩形平面と切妻屋根を持つ整形な2階建て木造住宅を対象とする。建設地は積雪荷重を長期荷重として考慮しなくてもよい一般地域とする。

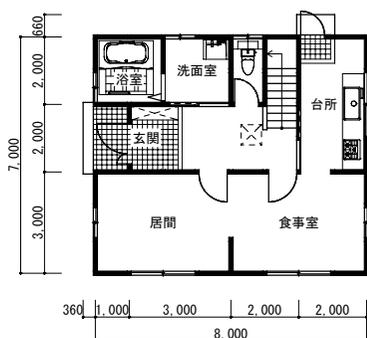


図3 1階平面図

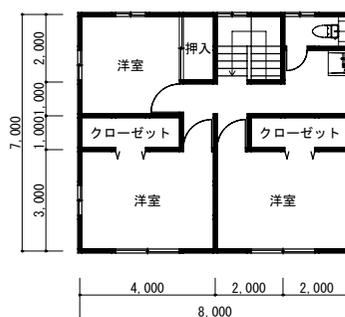


図4 2階平面図

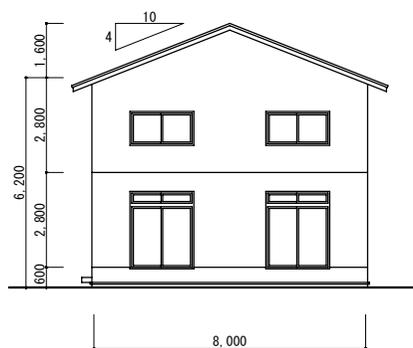


図5 南立面図

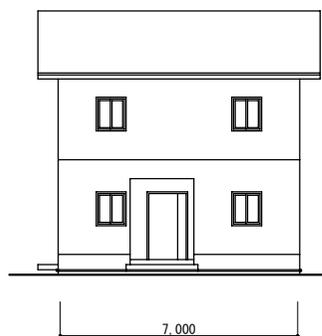


図6 西立面図

本モデルは、建築基準法施行令第46条第3項の壁量の規定によると、軽い屋根の場合で、地震により必要な壁倍率は1階で16、2階で9となる。これらの壁倍率に見合う壁量を設定し、2質点モデルにモデル化し地震応答解析により壁倍率の必要な性能を調べる。図7に示すように基礎固定とし、2階及び屋根に質点を設け、水平バネとダッシュポットにより接合されていると考える。各階の荷重変形曲線は図8のように完全弾塑性型のバイリニアモデルとし、復元力特性は初期剛性を用いる。質点の質量、バネ定数、降伏荷重、降伏変形は表1による。壁倍率1の場合の初期剛性を1/150と1/120の両方を考慮し、減衰は初期剛性比例型の減衰定数を5

%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35%, 40%と変化させて応答を追跡した。

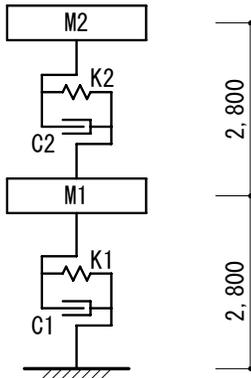


図7 2質点モデル図

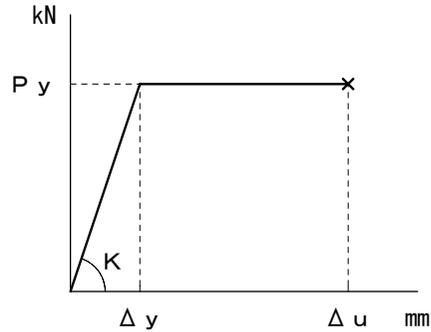


図8 各階の荷重変形関係

表1 解析モデルの諸元

記号		層重量	層質量	
M1		111.7 kN	11.39 t	
M2		131.7 kN	13.43 t	
初期剛性	階	K	Py	Δy
1/150 の場合	2	0.945 kN/mm	17.64 kN	18.67 mm
	1	1.680 kN/mm	31.36 kN	18.67 mm
1/120 の場合	2	0.756 kN/mm	17.64 kN	23.33 mm
	1	1.344 kN/mm	31.36 kN	23.33 mm

応答解析に用いる加速度波形はEl Centro NS (1940), El Centro EW (1940), Hachinohe NS (1968), Hachinohe EW (1968), Taft NS (1952), Taft EW (1952), Tohoku Univ NS (1978), Tohoku Univ EW (1978) の8波とし、それぞれ最大速度を20kine, 25kine, 50kine, 75kineとして時刻歴応答解析を行った。解析に用いた地震波の諸元は表2に示す。

表2 入力地震波の最大加速度 [単位: gal]

地震名	原波	20kine	25kine	50kine	75kine
El Centro NS	341.70	204.34	255.25	510.84	766.09
El Centro EW	210.14	113.87	142.24	284.48	426.71
Hachinohe NS	229.65	133.43	166.73	333.45	500.18
Hachinohe EW	180.23	95.34	119.31	238.44	357.76
Taft NS	152.69	194.23	242.95	485.74	728.68
Taft EW	175.95	198.59	248.19	496.57	744.76
Tohoku Univ NS	258.23	142.73	178.35	356.69	535.30
Tohoku Univ EW	202.57	147.67	184.48	368.97	553.45

結果と考察

1. 初期剛性1/150の場合の解析結果

減衰定数5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35%, 40%の応答結果を図9～図16に示す。図中の塑性率は、応答最大変位/ Δy として求められる。

最大速度が25kineレベルにおいて、減衰20%以下の場合には全ての場合で塑性率は1を上回っている。減衰定数40%の場合でも塑性率1を超える場合が数ケースある。

最大速度が50kineレベルでは、減衰20%で塑性率が1.5～5の範囲になり、減衰30%以上で塑性率が1.3～4の範囲になる。

最大速度75kineレベルでは、減衰30%で塑性率は2～5の範囲になり、減衰40%で塑性率1.8～4の範囲になる。

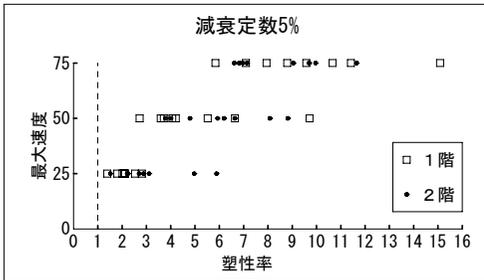


図9 減衰定数5%の応答結果

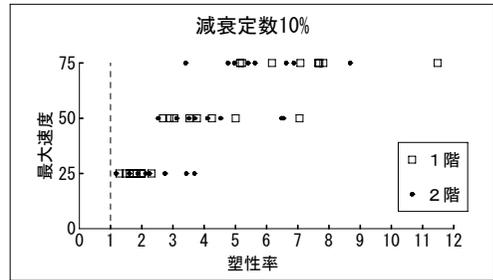


図10 減衰定数10%の応答結果

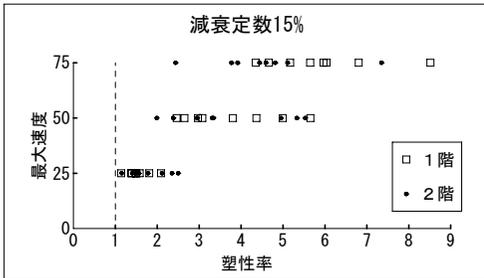


図11 減衰定数15%の応答結果

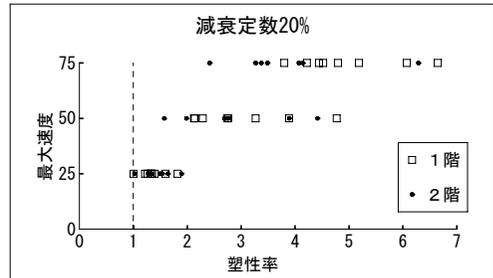


図12 減衰定数20%の応答結果

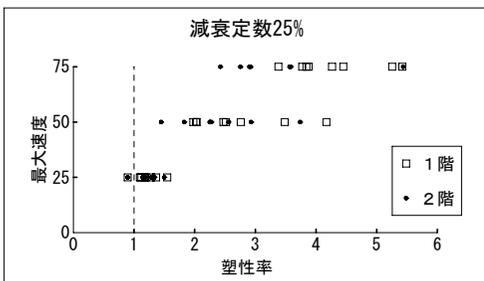


図13 減衰定数25%の応答結果

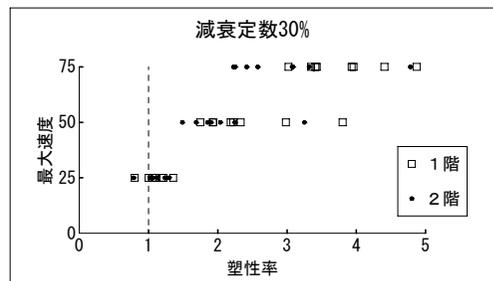


図14 減衰定数30%の応答結果

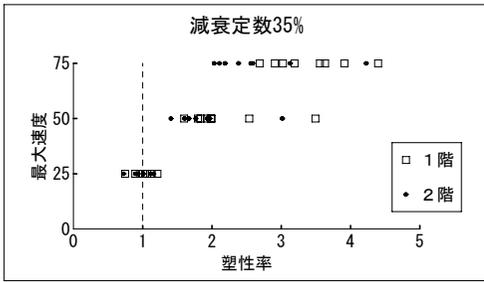


図15 減衰定数35%の応答結果

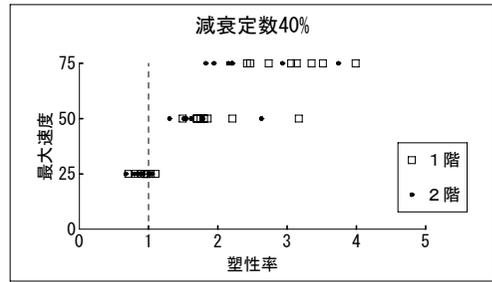


図16 減衰定数40%の応答結果

2. 初期剛性1/120の場合の解析結果

減衰定数5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35%, 40%の応答結果を図17～図24に示す。

最大速度25kineレベルにおいて、減衰15%以下の場合においては全て塑性率1を超えている。減衰定数40%の場合で塑性率0.5～1.05となり、1ケースを除いて1未満となる。

最大速度50kineレベルでは、減衰25%～35%の場合に塑性率が1～4の範囲にあり、40%の場合は塑性率が1～3の範囲にある。

最大速度75kineレベルでは、減衰30%の場合では塑性率が2～6の範囲にあり、減衰35%の場合に塑性率が2～5の範囲に、減衰40%の場合に塑性率がほぼ2～4の範囲にある。

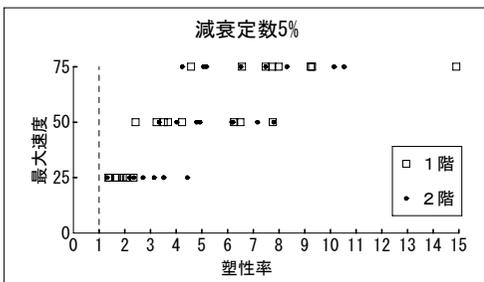


図17 減衰定数5%の応答結果

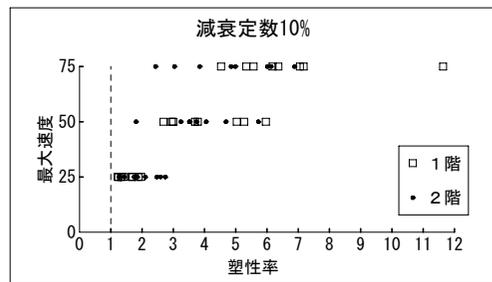


図18 減衰定数10%の応答結果

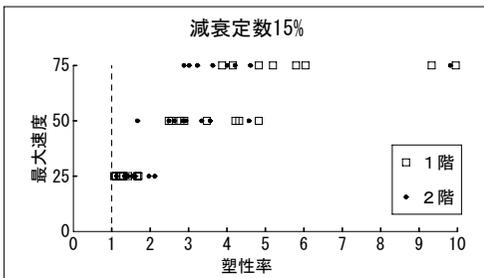


図19 減衰定数15%の応答結果

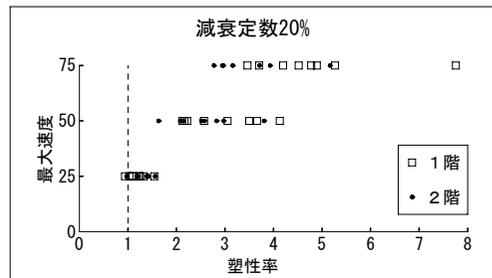


図20 減衰定数20%の応答結果

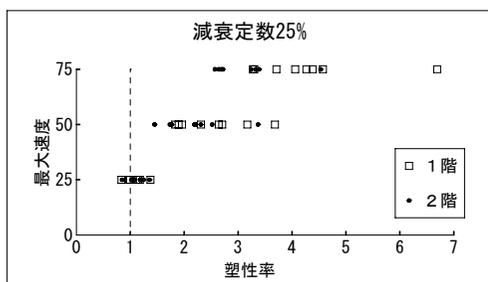


図21 減衰定数25%の応答結果

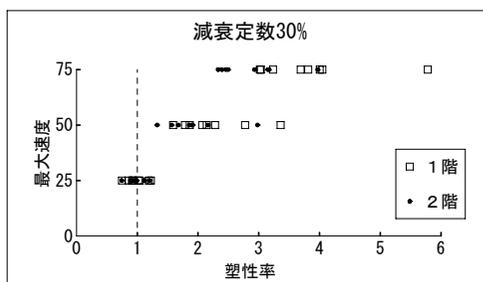


図22 減衰定数30%の応答結果

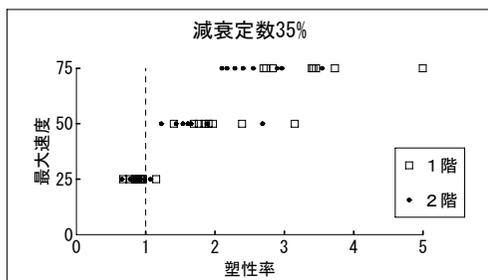


図23 減衰定数35%の応答結果

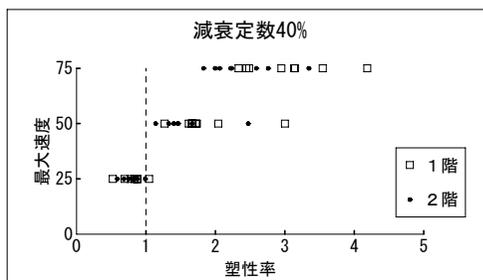


図24 減衰定数40%の応答結果

3. まとめ

25kineレベルでの応答が弾性範囲内に収まるべきと考え、減衰定数として35~40%程度の期待がされていると考えられる。

50kineレベルでの大地震時において、減衰定数25%程度あれば、塑性率は4程度を確保していれば、整形な建物の場合は安全である。また、減衰定数40%の場合では塑性率3程度あれば安全である。

75kineの余裕確認レベルでは、減衰定数30%以上で塑性率5を確保しているのが望ましい。

初期剛性が1/150であっても1/120であっても、塑性率に関しては、殆んど差は認められなかった。

以上のことから、多雪区域以外で整形な建物は、建築基準法施行令第46条第3項の壁量の規定を満たしていれば、減衰定数40%程度で塑性率4~5を確保できれば安全といえる。しかしながら、現実的にそのような減衰能力を木造住宅に持たせるのは至難の業というべきであろう。結果的には必要壁量を更に多くする必要があると考えられる。

また、壁量の規定は台風時を考慮した場合との値と比較して、大きい方をとるように定められているので、より地震に対して安全側になる可能性がある。本モデル住宅でも風に対して必要な壁倍率は、1階梁間方向で22、1階桁行方向で21、2階梁間方向で12、2階桁行方向で10となり、地震時の値(1階16、2階9)よりも大きい値となっている。

しかし、現実の建物では本モデルのように整形な場合はまれであり、ねじれや上下階のアンバランスなどを考慮すると、必要壁量はもっと多くなることは予想される。さらに、建築基準法施行令第46条第3項の壁量の規定については、多雪区域に関しての制限がないので、大きな

積雪荷重を背負っても同じ壁量で設計できることは特に注意すべき点である。この点に関しては、今後も研究を進めたい。

要約

多雪区域以外に建設される、整形な平面と立面をもつ小規模な木造住宅をモデルとして、建築基準法施行令第46条第3項の壁量の規定を元に、壁倍率には地震時にどのような性能が必要かを調べた。その結果、以下の各点がわかった。

- ・木造建物として、減衰性能は減衰定数40%程度が確保されている必要がある。
- ・塑性率は5を確保していれば、十分に安全である。
- ・初期剛性は1/150でも1/120でも殆んど差はなかった。
- ・多雪区域における壁量に関してはさらに研究する必要がある。

文献

- 1) 一般社団法人 日本建築総合試験所 (2012)

